

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-120610

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

611B 7/135
611B 7/00
611B 7/08
611B 7/125

(21)Application number : 10-227215

(71)Applicant : TOKAI UNIV

(22)Date of filing : 11.08.1998

(72)Inventor : GOTO AKIYA

(30)Priority

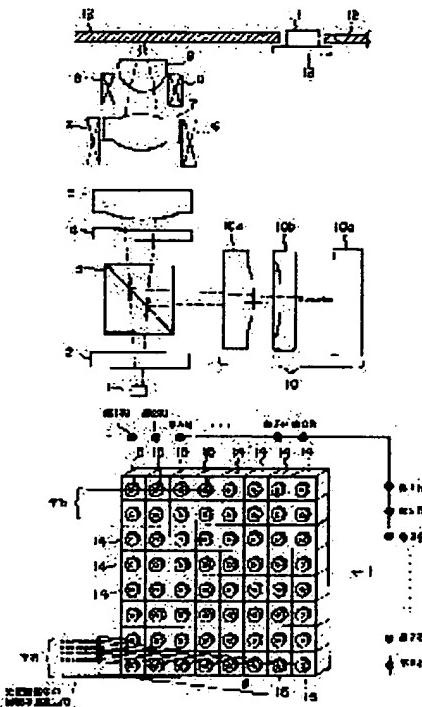
Priority number : 09216819 Priority date : 11.08.1997 Priority country : JP

(54) OPTICAL DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To record or reproduce a large capacity of information to and from an optical recording medium by perpendicular resonator surface light emitting semiconductor lasers, etc., of an optical disk device.

SOLUTION: This optical disk device is provided with a perpendicular resonator surface light emitting semiconductor laser array 1 constituted by arranging perpendicular resonator surface light emitting semiconductor laser elements 14 to a grid form, a solid immersion lens 9 for receiving the laser beam emitted by this perpendicular resonator surface light emitting semiconductor laser array 1 and a regenerative signal detecting means 10 for detecting the light reflected from the optical recording medium 12 as a regenerative signal. The perpendicular resonator surface light emitting semiconductor laser array 1 inclines at a slight angle with the tangent direction of the rotation of the optical recording medium 12.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.08.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-15949

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 06.09.2001

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-120610

(43)公開日 平成11年(1999)4月30日

(51)Int.Cl.⁶

G 11 B 7/135
7/00
7/08
7/125

識別記号

F I

G 11 B 7/135
7/00
7/08
7/125

Z
Q
Z
A
B

審査請求 有 請求項の数12 OL (全13頁)

(21)出願番号 特願平10-227215

(22)出願日 平成10年(1998)8月11日

(31)優先権主張番号 特願平9-216819

(32)優先日 平9(1997)8月11日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000125369

学校法人東海大学

東京都渋谷区富ヶ谷2丁目28番4号

(72)発明者 後藤 順也

神奈川県横浜市戸塚区柏尾町1421-23

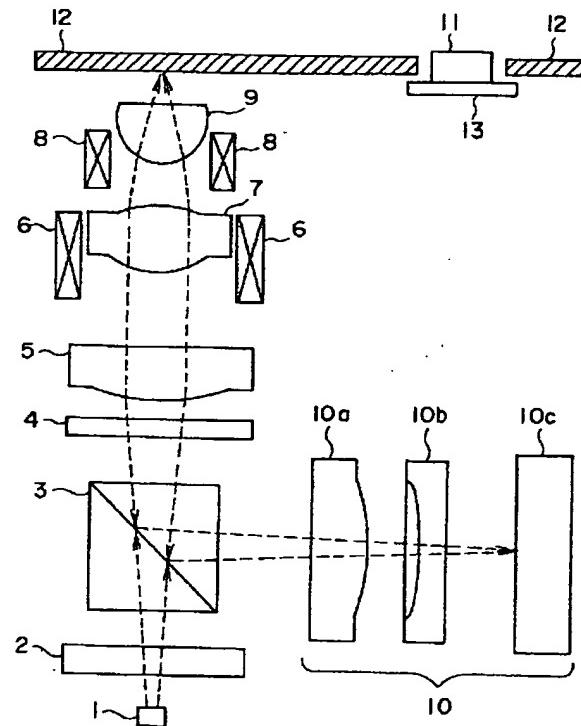
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

(54)【発明の名称】 光ディスク装置

(57)【要約】

【課題】 光ディスク装置において、垂直共振器表面発光半導体レーザ等により光記録媒体に大容量の情報を記録又は再生すること。

【解決手段】 垂直共振器表面発光半導体レーザ素子1を格子状に配列してなる垂直共振器表面発光半導体レーザアレイ1と、該垂直共振器表面発光半導体レーザアレイ1が発射したレーザー光を受光するためのソリッドイメージングレンズ9と、前記光記録媒体12から反射された光を再生信号として検出するための再生信号検出手段10とを設けてなること。前記垂直共振器表面発光半導体レーザアレイ1は前記光記録媒体12の回転の接線方向に対して微小角度傾いてなること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】垂直共振器表面発光半導体レーザー素子を格子状に配列してなる垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイと、

該垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイが発射したレーザー光を光記録媒体に照射するとともに該光記録媒体から反射した光を受光するためのソリッドイマージョンレンズと、

前記光記録媒体から反射された光を再生信号として検出するための再生信号検出手段と、

から構成され、前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイは前記光記録媒体の回転の接線方向に対して微小角度傾いてなることを特徴とする光ディスク装置。

【請求項2】前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイは赤外領域と同等の波長であるレーザー光を発光してなることを特徴とする請求項1の光ディスク装置。

【請求項3】前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイはGaNの基礎吸収端波長と同等以上の長波長であるレーザー光を発光してなることを特徴とする請求項1の光ディスク装置。

【請求項4】前記ソリッドイマージョンレンズは赤外領域と同等の波長において透明であるような材料からなることを特徴とする請求項1, 2又は3の光ディスク装置。

【請求項5】前記ソリッドイマージョンレンズはGaNの基礎吸収端波長と同等以上の長波長において透明であるような材料からなることを特徴とする請求項1,

2, 3又は4の光ディスク装置。

【請求項6】前記ソリッドイマージョンレンズはGaNからなることを特徴とする請求項1, 2, 3, 4又は5の光ディスク装置。

【請求項7】前記ソリッドイマージョンレンズはスーパーハーフ球レンズからなることを特徴とする請求項1, 2, 3, 4, 5又は6の光ディスク装置。

【請求項8】前記ソリッドイマージョンレンズはソリッドイマージョンレンズ用アクチュエータで焦点が制御されることを特徴とする請求項1, 2, 3, 4, 5, 6又は7の光ディスク装置。

【請求項9】垂直共振器表面発光半導体レーザー素子を格子状に配列してなる垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイと、

該垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイが発射したレーザー光を光記録媒体に照射するとともに該光記録媒体から反射した光を受光する対物レンズ系と、

前記光記録媒体から反射された光を再生信号として検出するための再生信号検出手段と、

から構成され、前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイは前記光記録媒体の回転の接線方向に対して微小角度傾けられている光ディスク装置において、

前記対物レンズ光学系は、

垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイからレーザ光をコリメートされたレーザ光を再び収束性のレーザ光に変換する第1の対物レンズと、

この第1のレンズを出射されたレーザ光をさらに収束させる第2の対物レンズと、から構成され、

前記第2対物レンズは、そのレンズの厚さtがそのレンズ面を規定する半径rよりも大きな半球レンズであり、前記第1のレンズは、光入射面および光出射面の双方のレンズ面が非球面である非球面レンズであって、そのレンズ面は、第2の球面収差を実質的に補正する面に定められていることを特徴とする光ディスク装置。

【請求項10】前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイは、略赤外線領域のレーザ光を発生し、前記第2の対物レンズは、この赤外線領域のレーザ光を透過する材料で作られていることを特徴とする請求項9の光ディスク装置。

【請求項11】前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイは、青色から近紫外線領域のレーザ光を発生し、前記第2の対物レンズは、この青色から近紫外線領域の

レーザ光を透過する材料で作られていることを特徴とする請求項9の光ディスク装置。

【請求項12】前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイは、端面発光半導体レーザをその発光面がアレイ状となるように配置された構造を有し、前記再生信号検出手段は、この端面発光半導体レーザから発生されるレーザ発振に対応した光検出器アレイを含むことを特徴とする請求項9の光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、垂直共振器表面発光半導体レーザー(Vertical Cavity Surface Emitting Laser; 以下「VCSEL」と称する。)素子の発光するレーザ光とソリッドイマージョンレンズにより光記録媒体に大容量の情報を記録することができ、また、前記光記録媒体に記録されている大容量の情報を再生することができる光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の、コンパクトディスク(CD)プレーヤ、光ビデオディスク(VD)プレーヤ及び、いわゆるデジタルビデオディスク(DVD)プレーヤ等の大容量光ディスク装置とされているものにおいては、単一の半導体レーザ光源が放つレーザ光をしてビームスポットを形成せしめ、そのビームスポットを前記CD、VD又はDVD等の光記録媒体の記録層に照射することによって情報を記録し、又はその反射光を検出することによって情報の記録再生を行うものが一般的である。

【0003】また、前記光記録媒体の記録層の所定個所に所定の精度でビームスポットを照射するために、通常、該ビームスポットを照射するための光学素子は、ア

クチュエータによって0.1 [μm] のオーダーでトラッキング制御され、且つ、1 [μm] のオーダーでフォーカス制御されており、光源としてはレーザーダイオード（以下、「LD」と称す。）に代表される单一の半導体レーザー素子が使用されている。具体的には、直径約1 [μm] 程度のビームスポットにより $10^8 \sim 10^{10}$ [bit/cm²] 程度、即ち、0.1 Gb/cm²から1 Gb/cm²程度の記録密度で情報を読書可能とする光ディスク装置が実用化されており、特に、最新技術とされている前記DVDプレーヤの光ディスク装置については、いわゆるDVD-RAM使用の場合で、当該ディスク1枚あたりおよそ2.7 GBの記録容量が実現されているに留まっている。

【0004】また、特願平8-166167に開示されている光ピックアップの光源は、前記LDの代わりに単一のVCSEL素子を使用しているが、使用波長として赤外・領域である850nmを使用しているにも関わらず、かかる光ピックアップで大容量の記録再生を実現するためには、当該使用波長を更に短く（紫外線領域に近づける）することでビームウェストサイズを絞るか、又は光源の単一VCSEL素子と対物レンズとの間の距離（焦点距離）を更に短くすることでビームウェストサイズ又はビームスポットサイズを絞ることによってしか、従来に比較して大容量の記録再生を可能とする光ディスク装置は、実現できないと考えられている。

【0005】また、特願平8-298981に開示されている光メモリヘッドは、本願図5に示すように、複数の前記VCSEL素子を格子状に配列してなるVCSELアレイ51を光源とする光メモリヘッド53を提案しているが、光メモリヘッド53と光記録媒体54との接面上に形成される潤滑剤薄膜液のメンスカス52の表面張力によって光メモリヘッド53と光記録媒体54とを常に接触させておく、コンタクトヘッド方式によってのみ実施されるものであるから、その実施に要する光記録媒体を生産する際は、その記録層、保護膜等を極めてフラットに製造することを必要とする結果、光記録媒体の製造コストを押上げることが考えられる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ビームウェストサイズ又はビームスポットサイズを絞り込むために、光源としての半導体レーザー素子等の使用波長を紫外領域に近づける（短くする）と、レーザー発振効率が経時劣化し、該半導体レーザー素子の光源としての寿命が短くなるという問題を有し、短期間のサイクルで光ヘッドを交換しなければならないという不都合が生じるため、かかる問題点の改善が急務な課題とされていた。

【0007】同様に、使用波長を紫外領域に近づける（短くする）と、光学素子におけるレーザー光の透過率が低下するという理論的欠点を有するため、単一のVCSEL素子等の半導体レーザー素子を光源に使用してい

ても、光学素子の係る理論的限界を乗り越えてまで大容量の情報を光記録媒体に記録又は再生することはできないという解決困難な課題があった。

【0008】更に、光源としての半導体レーザー素子と対物レンズとの間の焦点距離を更に短くしてビームウェストサイズ又はビームスポットサイズを絞るという手段では、対物レンズを限りなく光記録媒体の記録層表面に近づけなければならないが、量産される光記録媒体は、通常、反射層、記録層、保護層等の何層もの層が真空蒸着法、スパッタ法等によって形成されているため、これらの層の厚さは必ずしも均一なものにはならない。したがって、光記録媒体の表面には微小な凹凸が形成されることはやむを得ず、この凹凸が該光記録媒体の回転によって光ヘッド部の対物レンズに接触し摩耗させることで、該対物レンズの物理的寿命を縮めてしまったり、又は、前記光記録媒体の記録層又は保護膜表面に読み書き処理における致命的な傷をつけてしまったりするという問題があった。そのため、前記焦点距離を極限まで短くするという方針に依存しない手段で、従来よりも大容量の情報を光記録媒体に記録又は再生することのできる、全く新規な光ディスク装置の登場が待望されていた。

【0009】また、近い将来FTTH（Fiber To The Home）が漸次実現された場合には、通信インフラとしての光ファイバの浸透と、パーソナルコンピュータ及びインターネットの普及とがあいまって、少なくとも1 [Gb/s] のデータ転送レートを有するか、又は少なくとも30 [GB] の記録容量を有するような光ディスク装置が、パーソナルコンピュータの記録装置やVOD（Video On Demand）

30 対応の通信装置を中心に必須の構成になるものになるとされる。しかし、従来、このような大容量の情報を前述のように高速に記録又は再生できるような光ディスク装置が存し得なかつたため、広い方面から大容量の情報を高速に記録又は再生できる画期的な光ディスク装置の登場が熱望されている。

【0010】

【発明を解決するための手段】そこで、本願発明者は、前記課題を解決すべく、鋭意研究を重ねた結果、垂直共振器表面発光半導体レーザー素子を格子状に配列してなる垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイと、該垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイが発射したレーザー光を光記録媒体に照射するとともに該光記録媒体から反射した光を受光するためのソリッドイメージョンレンズと、前記光記録媒体から反射された光を再生信号として検出するための再生信号検出手段とを設け、前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイは前記光記録媒体の回転の接線方向に対して微小角度傾いてなることを特徴とする光ディスク装置等としたことで前記課題を解決したものである。

【0011】本発明の目的は、VCSEL素子を格子状

に配列してなるVCSELアレイを光源とし、複数のレーザー光の束からなる極微小のビームスポットが形成する像を、ソリッドイマージョンレンズを介して光記録媒体上に照射することによって、コンタクトヘッド方式を使用しないでほぼ一定の間隔を光記録媒体と保ちつつ、従来存し得なかった大容量の情報を光記録媒体に記録又は再生することのできる光ディスク装置を提供することにある。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施の形態について説明する。

【0013】図1は、本発明にかかる光ディスク装置の光学系を含む一実施例の構成を示し、光記録媒体12の回転の接線方向に対して、換言すれば、その接線方向の投影像を基準線としてその基準線に対して微小角度傾けて配置された多数の点光源を有する面光源としてのVCSELアレイ1、グレーティングホログラフィックオプティカルエレメント2、偏光ビームスプリッタ3、入／4板4、コリメータレンズ5、対物レンズ用アクチュエータ6、対物レンズ7、ソリッドイマージョンレンズ用アクチュエータ8、ソリッドイマージョンレンズ9、前記VCSELアレイ1の傾きと同じだけ傾けられた再生信号検出手段10、光記録媒体回転機構11、光記録媒体12、光記録媒体回転機構支持部材13から構成される。

【0014】最初に、上記光学系における記録処理について説明する。図1では、情報の記録又は再生におけるレーザー光等の進む光路が破線で示されている。まず、光記録媒体12の接線方向に対して微小角度傾けたVCSELアレイ1から発射されたレーザー光、即ち、VCSELアレイ1から垂直方向に放射されるレーザー光は、グレーティングホログラフィックオプティカルエレメント2を通して偏光ビームスプリッタ3に入射される。そして、当該レーザー光は、入／4板4に入射される。該入／4板4は、2つの屈折率を持つ複屈折結晶からなるので、前記レーザー光はこの入／4板4を射出した時点で、わずかな通過時間差を有する2つの波の成分を有することになる。したがって、これら2波が合成されたレーザー光は時間とともに偏光面が回転する梢円偏光となる。そこで、前記入／4板4の厚さを、この梢円偏光間の時間差が前記レーザー光の $\pi/2$ となるようにしておけば、該入／4板4を射出したレーザー光を梢円偏光ではなく円偏光とすることができます。

【0015】そして、円偏光となった前記レーザー光は、コリメータレンズ5に入射し、平行光線として射出する。その後、対物レンズ7に平行光線となったまま入射した前記レーザー光は、回折限界で制限されるまでビームウェストサイズを絞り込まれ、微小なビームスポットを形成するに到る。

【0016】更にビームウェストサイズを絞り込んだ極

微小ビームスポットを光記録媒体12上に照射するために、ここで、前記ソリッドイマージョンレンズ9にレーザー光を通過させる。本発明において、「ソリッドイマージョンレンズ」とは、赤外領域と同等の波長において透明であるような材料から形成される半球レンズ又はスーパー半球レンズをいい、例えば、Si, GaAs, 又はInP等の半導体からなるか、若しくは他の同等の材料からなるものでもよい。本実施例では、特に、GaAsからなる半球レンズ又はスーパー半球レンズの場合で説明する。また、本実施例では、特に前記ソリッドイマージョンレンズ9がスーパー半球レンズである場合で説明する。

【0017】図2は当該ソリッドイマージョンレンズ9におけるレーザー光の屈折の様子であり、図2(A)は、半球レンズ、図2(B)は、スーパー半球レンズの場合を示すものである。スーパー半球レンズとは、通常の半球レンズよりも球面の部分が若干大きくなるように形成された半球レンズの一種をいう。いずれの半球レンズも屈折率をnとすれば、図2(A)の半球レンズにおいては、前記レーザー光のビームウェストサイズを $1/n$ 倍に縮小でき、また図2(B)のスーパー半球レンズの場合は、 $1/n^2$ 倍に縮小できる。即ち、前記ソリッドイマージョンレンズ9の半径方向に沿う様にレーザー光を入射させるので、球面収差が発生することなく、前記レーザー光を極めて微小なビームスポットに絞り込むことができる。また、該ソリッドイマージョンレンズ9の平面部分と前記光記録媒体12との間隔を使用波長の $\lambda/4$ 以下に保てば、反射損失なしでレーザー光が光記録媒体12に入り込むことができる。

【0018】以上の構成のようにして、前記VCSELアレイ1の発射したレーザー光を、光記録媒体回転機構11によって回転する光記録媒体12上に極微小ビームスポットとして照射することで、大容量の情報の記録を光記録媒体12に実現するものである。即ち、前記VCSELアレイ1の各光点の像が光記録媒体12に投影され、前記VCSELアレイ1の各光点からの光波が書き込むべき情報に応じて光強度変調されていれば、これにより情報が光記録媒体12上に記録されることとなる。

【0019】次に、再生処理の場合について説明する。図1にて、前記光記録媒体12からの反射光は、前述の記録の場合と逆の経過をたどって偏光ビームスプリッタ3まで入射する。この反射光波は、偏光ビームスプリッタ3にて、再生信号検出手段10に屈折されて偏光分離されるものと、直接VCSELアレイ1へ戻るものとに分けられる。但し、戻された光波、即ち、反射光は、入／4板4を往復されることとなることから前記VCSELアレイ1から入／4板4に向かう光波に比べて偏向面が $\pi/2$ 回転され、その殆どが偏光ビームスプリッタ3から再生信号検出手段10に向けて反射される。

【0020】該再生信号検出手段10は、例えば、凸レ

ンズ10a及び非点収差レンズ10bを含む検出光学系並びに信号検出部10cからなり、前記反射光のうち再生信号検出手段10に屈折されて偏光分離されるものは、凸レンズ10a等の光学素子を通過した後、信号検出部10cによって検出される。該信号検出部10cは、フォトダイオードやCCDで構成されればよく、その素子数は、前記VCSELアレイ1のVCSEL素子数の約2倍程度以上あれば十分実用でき、更に、好みくはステッピングモータ等を使用したステッピングアクチュエータ等によって全面トラッキングが可能となっている。但し、該信号検出部10cは、前記VCSELアレイ1が傾いている微小角度と同じだけ傾いていることを要する。これは、該VCSELアレイ1の発射したレーザー光が前記光記録媒体12に反射して得られる光の像を正確に読み取るためである。

【0021】以上の構成のようにして、前記光記録媒体12から反射した極微小なビームスポットからなる像を前記信号検出部10cが読み取ることで、該光記録媒体12に記録された大容量の情報を再生することができる。

【0022】次に、記録又は再生処理における前記ソリッドイメージョンレンズ9等の焦点制御について説明する。光記録媒体12上に照射された、極めて微小なサイズに縮小されたビームスポットは、好みくは、図1に示す対物レンズ用アクチュエータ6及びソリッドイメージョンレンズ用アクチュエータ8によって焦点が常に制御されるものとする。具体的には、2段アクチュエータ方式を採用し、トラッキング信号を帯域分離して、図示していない粗アクチュエータに低周波分を、同じく図示していない精アクチュエータに高周波分を分配し、連動させて追従動作させる。したがって、ランダムアクセスの場合でも、目標トラックへのビームスポットの照射は、粗アクチュエータで駆動されるが、目標トラックの数10本以内に入ると精アクチュエータが連動して正確な位置決めを行うことができる。この場合は、ソリッドイメージョンレンズ9と対物レンズ7との間隔を常に一定にするために、静電容量による変位計を用いて制御することが望ましい。

【0023】次に、図3に基づいて本発明における記録処理又は再生処理のための光源について説明する。本発明に係る光源としては、波長約0.98[μm]である赤外領域と同等の波長であるレーザー光を発光するVCSEL素子14を格子状に配列してなるVCSELアレイ1を使用する。図3は、該VCSELアレイ1の斜視図である。本実施例において、該VCSELアレイ1は8行8列である計64個のVCSEL素子14を格子状に配列したものを使用するが、この配列は特に8行8列でなくとも、いかなる数の行及び列でもよい。ただし、「格子状に配列」とは、説明の簡単のために格子状に配列してなるもののようにしたことを意味し、実際に製造

する場合は、エピタキシャル成長法等の通常の半導体製造過程によって、一時に64個のVCSEL素子があたかも格子状に配列されたかのように層形成してなるものである。

【0024】また、各VCSEL素子14は、レーザー光を外部に発射するための出力窓15を有し、例えば、ある特定の行だけに着目すれば、該出力窓15から発射される一列をなす計8本のレーザ光は、図3には図示していない光記録媒体12上に、8個のビームスポットを形成する。光記録媒体12は、光記録媒体回転機構支持部材13によって回転のふらつきが一定以下に抑制されているから、結局該光記録媒体上には8本のビームスポットの軌跡が形成される。なお、本明細書において「行」とは光記録媒体12の回転の接線の方向に沿った一列を、「列」とは光記録媒体12の半径方向に沿った一列をそれぞれいうものとする。

【0025】まず、図3において、第8行に設けられた一列のVCSEL素子14が発射するレーザ光のみに着目すると、図3の8行8列のVCSELアレイ1における第8行第1列目から第8列目に配列された8つのVCSEL素子14からは、合計8本のレーザ光が出力窓15から紙面垂直上方に向かって発射される。但し、図3においては説明の簡単のため、該VCSEL素子14から発射されたレーザ光は斜めに描かれている。具体的に説明すれば、VCSEL素子14から発射された8本のレーザー光は、グレーティングホログラフィックオプティカルエレメント2、偏光ビームスプリッタ3等の光学素子を通して、図1に示した光記録媒体12上に8個のビームスポットを形成する（8個のビームスポット

からなる像を形成する）。該光記録媒体12は回転して情報の記録又は再生がなされるものであるから、前述の通り、その表面には8本のレーザ光の軌跡が描かれる。しかし、前記光記録媒体12の回転の接線と前記VCSELアレイ1における行方向とが平行となるように、前記光記録媒体12と前記VCSELアレイ1が配置されている場合は、前記8個のビームスポットが光記録媒体12上で描く軌跡は同列上に重なりあってしまう結果、1本の軌跡となってしまう。

【0026】そこで、図3が示すように、前記VCSELアレイ1を光記録媒体12の回転の接線方向に対して微小角度傾けられている。従って、前記8個のビームスポットは、同列かっ隣り合う行に配置された2つの前記VCSEL素子14が形成する2個のビームスポットの間に収まるところになる。すなわち、前述の場合は、第7行第1列と第8行第1列に位置する前記VCSEL素子14が形成する2個のビームスポットの間に、第8行の各VCSEL素子14が発射した全てのビームスポット（8個）が難なく納まるのである。ただし、端点である第8行第1列に位置するVCSEL素子14が形成する50 1個のビームスポットは、前記8個のビームスポットに

含めるものとする。したがって光記録媒体12が回転すれば、その面上に、8本の、重ならない連続した軌跡を描くことができるので、結局8トラックによる情報の記録又は再生が可能となる。

【0027】してみると、図3の8行8列からなる前記VCSELアレイ1においては、合計64本のレーザー光が発射されるので、64トラックによる情報の記録又は再生が可能となる。具体的には、これら64本のレーザー光がグレーティングホログラフィックオプティカルエレメント2に入射するときに形成するビームスポットの像（イメージ）は、64個のビームスポットからなる。この像は、前述のとおり、図1のソリッドイマージョンレンズ9を通過する際に回折限界で制限されるまで絞り込まれるが、このとき、当該64個のビームスポットからなる像は、前記VCSELアレイ1又は前記グレーティングホログラフィックオプティカルエレメント2における当初の像をそのまま等比に縮小されて前記光記録媒体12上に照射されることになる。したがって、図3の各VCSEL素子14に設けられた出力窓15の直径によってレーザービームスポットのサイズを制御しなくとも、ソリッドイマージョンレンズ9を使用することで、複数のビームスポットからなる像（イメージ）のサイズを大幅に縮小させることができるものである。

【0028】例えば、図4は前記VCSELアレイ1の要部拡大図であり、前記出力窓15の直径又は前記VCSELアレイ1の各出力レーザー光の直径を1[μm]とすると、各出力窓15をできるだけ隣接するように形成したうえで、前記VCSELアレイ1を微小角度傾けると、図1の構成によって光記録媒体12上に照射された、縮小された64個のビームスポットの像は、ソリッドイマージョンレンズ9として図2におけるスーパー半球レンズを使用した場合で屈折率を3.5、図2におけるθを30度とすると、使用波長入は0.98[μm]であるから、一般的な光学式である $\lambda / (2 \times n^2 \times \sin \theta)$ から、約80[nm]四方の極微小な像になることがわかる。但し、該出力窓15は概ね8[μm]～10[μm]程度またはそれ以上の直径でもよいものとする。

【0029】また、図1及び図2において、前記VCSEL素子14の使用波長をλとすれば、ソリッドイマージョンレンズ9の表面と光記録媒体12の保護膜との間隔を約 $\lambda / 4$ 、すなわち本実施例の場合は約0.25[μm]以下となるように対物レンズ7とソリッドイマージョンレンズ9との間隔を制御すれば、ニアフィールド（近接場）光学原理から、ビームスポットサイズが縮小された前記64本のレーザー光は、前記ソリッドイマージョンレンズ9や光記録媒体12の表面に形成されている保護膜等にて反射損を受けることなく、該光記録媒体12の記録層に到達することができる。そのため、理想的には、図1のように対物レンズ用アクチュエータ

6とソリッドイマージョンレンズ用アクチュエータ8とを設けて、対物レンズ7とソリッドイマージョンレンズ9とを適宜に間隔調整し、ビームスポットの焦点を合わせるとともに、該ソリッドイマージョンレンズ9と光記録媒体12との距離をほぼ一定に保つものとする。これによって、光記録媒体12の有する凹凸面にソリッドイマージョンレンズ9が接触することなく、光記録媒体12上に、約100[nm]幅で、64個のビームスポットからなる高密度トラックを形成することができる

10 で、大容量の情報を記録することができるものである。また、光記録媒体12上から反射された高密度のビームスポットからなる像を前記再生信号検出手段10にトレースさせれば、大容量の情報を再生することができる。

【0030】従って、本発明に係る光ディスク装置の構成は、図5に示すコンタクトヘッド方式のようにVCSELアレイ51を光記録媒体54に接触させるようなものにしなくてもよく、これまでの光ディスク装置における場合と同程度の、光記録媒体と対物レンズとの間隔（約250[μm]）が維持できれば、記録又は再生するに十分である。

【0031】当然ながら、光記録媒体と対物レンズとの間隔が約250[μm]よりも小さく、使用レーザーの波長の略 $\lambda / 4$ に相当する100nmから200nm程度まで密着される構造を採用することができる。光記録媒体と対物レンズとの間隔が約250[μm]に維持される装置では、光ディスクを交換可能な装置のタイプとなるが、その間隔が略100nmの装置では、現行のハードディスクのようにその記録媒体である光ディスクが基本的には交換できない装置として実現される。

30 【0032】また、特に、再生専用として本発明を実施する場合は、光源である前記VCSELアレイ1の発射するレーザー光の出力は、記録に使用する場合に比べて弱い出力で足りる。再生の場合は、光記録媒体12の記録層にピット形成又は相変化を施すほどの出力は不要だからである。

【0033】また、本実施例では波長約0.98[μm]のレーザー光を発光するVCSELアレイ1を使用しているが、これは、本実施例の前記ソリッドイマージョンレンズ9がGaNからなるものだからであり、その基礎吸収端波長は約0.919[μm]であるから、SiやInPの場合は更に長い波長となる。とすれば、本実施例で使用している、当該基礎吸収端波長がGaNのおよそ0.919[μm]からなるソリッドイマージョンレンズ9の場合は、約0.92[μm]より波長の短い光を通過させる場合は黒色となってその光を吸収してしまい、光記録媒体12に情報を記録又は再生することが不可能となる。そこで、本実施例ではソリッドイマージョンレンズ9の材料の基礎吸収端波長と同等以上の波長であるレーザー光を発光するようなVCSELアレイ1を使用することが必要であり、好ましくは、当該

ソリッドイマージョンレンズ9は、本実施例で使用したGaAs以外のいかなる材料からなる場合でも、少なくとも赤外領域の波長において透明であるようなものを使用するものとする。前記VCSEL素子14は、耐久性を維持するために紫外領域の波長を使用しないためであることと、従来の光ディスク装置における光記録媒体12と対物レンズ7との間隔と同程度の間隔（約250[μm]）を維持したまま、大容量の情報を記録又は再生せしめるためである。

【0034】上述した図1に示す光学系においては、第2対物レンズとしてのソリッドイマージョンレンズ9は、赤外線しか通さない半導体材料であるGaAs（ガリウム砒素）で作られることが好ましい。このような材料でソリッドイマージョンレンズ9が作られる場合には、前記VCSEL素子14の各半導体レーザの発振波長として赤外線の980nmの波長が採用されると、可視光線に対しては不透明であるソリッドイマージョンレンズ9は、この赤外線に対しては可視光線におけるガラスレンズのように殆ど吸収なしで赤外線を超微小サイズに集めることができる。ここで、ソリッドイマージョンレンズ9は、図6に示されるように半球レンズの半径rよりもレンズの厚さt0が大きく(t0 > r)定められているスーパー半球レンズであるので次のような問題があり、その為に第1の対物レンズとしての対物レンズ7のレンズ面を最適化することが必要とされる。

【0035】(1) 第1の対物レンズ7としてコンパクトディスクプレーヤ或いはDVDプレーヤで使われているプラスチック非球面レンズが用いられる、通常市販されている非球面レンズは、波長が780nm±10nmの波長領域、或いは650nm±10nmの可視領域で最適にこの波長のレーザビームを収束するように設計されていることから、これらのレンズを波長980nmで使用すると大きな球面収差が発生する。

【0036】(2) 第2の対物レンズ9の厚さt0を半球レンズの半径rよりも大きくなると、第2の対物レンズ9からも球面収差が発生される。特に、スーパー半球レンズの材料として屈折率が大きいGaAs半導体材料（屈折率n=3.6~3.5）が用いられる場合には、大きな球面収差が発生される。即ち、第2対物レンズによって得られるビームウエストのサイズは、球面収差及び像面弯曲収差の為に理想的な値(=λ/2n²sinθ)よりもかなり大きくなってしまう。

【0037】このようなことを考慮して第1の対物レンズとしての対物レンズ7において対物レンズ9の像面の収差を補正するようにレンズ面を最適化するために第1の第1の対物レンズとしての非球面レンズは、使用波長と設計波長を±10nmの制度で設計されることが好ましいことが判明している。

【0038】以下に、第1の対物レンズ7の第1および第2のレンズ面の形状を最適化する手法を図6を参照し

て説明する。

【0039】すなわち、図6に示されるように、第1の対物レンズ7の第1のレンズ面41aのP5に入射した光点数に対応する複数のレーザ光は、第1の対物レンズ7の第2のレンズ面41bから出射される際に、P4で示される範囲内から射出される。第1の対物レンズ7を出射されたレーザ光は、第2の対物レンズ9の第1のレンズ面42aに、P1で入射し、第2のレンズ面42bを通過して、光ディスク12の記録面の記録媒体層に、Poのビーム径で収束される。従って、光ディスク12の記録面の記録媒体層におけるレーザビームの断面ビーム径がPoとなるよう、第1および第2の対物レンズ7、9を通過するレーザビームを、P5ないしP1の各点で最適化して、最終的に記録媒体層でのビーム径をPoとすることのできるレンズ面の形状を求めて、第2の対物レンズ9による球面収差の影響を取り除くことが可能となる。

【0040】詳細には、第2の対物レンズ9の第1のレンズ面42aは、曲率半径rで定義される球面であり、また第2のレンズ面42bは、平面であるから、球面収差を除去するために利用可能なレンズ面は、第1の対物レンズ7の第1のレンズ面41aおよび第2のレンズ面41bである。従って、2つのレンズ面41aおよび41bにおいて、レーザ光が通過する位置毎に、レンズ面を定義する曲率半径Rcを求め、レンズ面の任意の位置で、その曲率半径Rcを再現可能な条件式をレンズ面の形状として、レンズ面の形状（非球面）を示す条件を得ることができる。なお、実際には、レーザビームが進む方向をZ軸方向、光ディスク12の記録面の方向をX軸およびY軸からなる二次元座標でそれぞれ示し、光ディスク12の記録面の記録領域層を原点として、各レンズ面の位置（Z軸方向）に基づいて、各レンズ面の形状を考察する。

【0041】尚、図6において符号12aは、光ディスクの保護膜であり、この保護膜12aを含む第2の対物レンズ9の平坦な面からディスクの記録面までのエアーギャップの光路長、即ち、光学的長さgは、λ/4より小さく定められている(g<λ/4)。

【0042】図6において、第2の対物レンズ9の第1のレンズ面42aの光ディスクDの記録領域層から最も離れた位置（第1のレンズ面42aの頂部であって、X=0, Y=0）と記録領域層との間の距離をTD、第2の対物レンズ9の光ディスク12から最も離れた位置（第1のレンズ面42aの頂部；X=0, Y=0）と第1の対物レンズ7の光ディスクDに最も接近した位置（第2のレンズ面41bの頂部；X=0, Y=0）との間の距離をWD、第1の対物レンズ7において、第1のレンズ面41aの頂部（X=0, Y=0）と第2のレンズ面41bの頂部（X=0, Y=0）との間の距離すなわち第1の対物レンズ7の光軸（Z軸）方向の厚さをT

Sとし、Z軸方向の座標に置き換えると、

$$Z_1 = TD,$$

$$Z_2 = TD + WD,$$

$$Z_4 = TD + WD + TS,$$

となる。

【0043】ここで、光線ベクトルA1(11, n1)は、

$$11 = X_1 / (X_1^2 + Z_1^2)^{1/2}$$

$$n_1 = Z_1 / (X_1^2 + Z_1^2)^{1/2}$$

ただし、11の最大値11maxは、
NA/nDであるから、X1の最大値X1maxは、
 $X_{1\text{max}} = (NA \cdot TD / nD) / (1 - (NA / nD)^2)^{1/2}$

で与えられる。

【0044】次に、光線ベクトルA2(12, n2)は、

$$12 = (X_2 - X_1) / [(X_2 - X_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2]^{1/2}$$

$$n_1 = (Z_2 - Z_1) / [(X_2 - X_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2]^{1/2}$$

により求められる。

【0045】一方、屈折の法則から、

$$12 = nD \cdot 11$$

であるから、X2は、

$$X_2 = X_1 + [nD \cdot 11 (Z_2 - Z_1)] / (1 - nD \cdot 11)^2$$

と示すことができる。

【0046】次に、P3(X3, Z3)を求めるために、

$$X_3 = X_2 + 12 \cdot \Delta$$

$$Z_3 = Z_2 + n_2 \cdot \Delta$$

を定義すると、

$$\Delta = F / [G + (G_2 - F / R_c)^{1/2}]$$

ただし、 $F = X_2^2 / R_c$, $G = n_2 - (12 \cdot X_2 / R_c)$

である。

【0047】次に、球面での屈折を考え、光線ベクトルA3(13, n3)を

$$13 = (12 - K \cdot X_3) / n_3$$

$$n_3 = [n_2 - K (Z_3 - Z_2 - R_c)] n_3$$

ただし、Kは、

$$K = 1 / R_c [(n_2 - 1 + G_2 - F / R_c)^{1/2} - (G_2 - F / R_c)^{1/2}]$$

により、求める。

【0048】以下、P4は、光線ベクトルA3(13, n3)上に存在するから、

$$X_4 = X_3 + \Delta' \cdot L_3$$

$$Z_4 = Z_3 + \Delta' \cdot n_3$$

で表すことができる。なお、Z4は、から、X4は、

$$X_4 = X_3 + 13 (Z_4 - Z_3) / n_3$$

となる。

【0049】以上により、第1の対物レンズ7の第1および第2のレンズ面41a, 41bのそれぞれのレンズ面を横切る各レーザビームの座標(X-n, Y-n~Xn, Yn)が求められる。なお、光路長Lは、

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

であり、それぞれ、

$$L_1 = n_d (X_12 + Z_12),$$

$$L_2 = [(X_3 - X_1)^2 + (Z_3 - Z_1)^2]^{1/2},$$

$$L_3 = n_3 [(Z_4 - X_3)^2 + (Z_4 - Z_3)^2]^{1/2},$$

ただし、 $X_4 = r_m$, $Z_4 = m\lambda$

により与えられるので、

$$L = (n_d \cdot TD + WD + n_s \cdot TS) = m\lambda$$

より、 $m = 0, 1, 2 \dots$ のそれぞれにおけるグレーティング輪体、換言すれば、非球面の半径を求めることができる。

【0050】以上により、「X1」を求め、「X1」を用いて「X4」を求ることで、m番目のレンズ面の各曲率半径Rcを求めることができる。これらの曲率半径Rcを次々にコンピュータ解析によって求めることによって最適化されたレンズ面を定めることができる。

【0051】上述したようにして各曲率半径Rcを求めることによって対物レンズ7のレンズ面を最適化することができる。この対物レンズ7のレンズ面を最適化することによって面光源としてのVCSELアレイ1の多数の光点を球面収差及び像面湾曲収差を生じさせずに記録

面上に多数の微小なビームスポットの像として投影することができる。

【0052】ここで、VCSELアレイ1は、1つの半導体基板に多数のVCSEL素子を形成する場合に限らず、発光点数が比較的少なくとも良い場合には、多数の端面発光半導体レーザをその発光面をアレイ状に配置するようにした構造であっても良い。このような端面発光半導体レーザを用いる場合には、再生信号発生手段は、当然にその半導体レーザの発振波長に対応した検出感度を有する光検出アレイで構成される。

【0053】また、上述した実施例においては、VCSELアレイ1は、窒化ガリウム(GaN)或いはII-VI族化合物半導体で作られた青色及び紫外線領域のレーザを発生するものであってもよく、このような波長(550から300nm)の光波を透過するガラス或いは高分子材料が第2の対物レンズ9としてのソリッドイメージングレンズの材料として選定され、上述したようにこの第2の対物レンズ9に対して第1の対物レンズ7が最適化されても良い。

【0054】

50 【発明の効果】請求項1の発明では、垂直共振器表面発

光半導体レーザー素子14を格子状に配列してなる垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイ1と、該垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイ1が発射したレーザー光を光記録媒体12に照射するとともに該光記録媒体12から反射した光を受光するためのソリッドイマージョンレンズ9と、前記光記録媒体12から反射された光を再生信号として検出するための再生信号検出手段10とを設け、前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイ1は前記光記録媒体12の回転の接線方向に対して微小角度傾いてなる光ディスク装置としたことで、コンタクトヘッド方式のようにVCSELアレイ1の発射したレーザー光を直接照射させるのではなく、ソリッドイマージョンレンズ9の使用ゆえに、ビームスポットを縮小された像として光記録媒体12に照射することで、従来に比して極めて微小なビームスポットを光記録媒体12上に形成することができるので、飛躍的な容量の情報を従来の光記録媒体12に記録又は再生することができる効果を奏する。

【0055】更に、請求項2の発明では、請求項1記載において、前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイ1は赤外領域と同等の波長であるレーザー光を発光してなる光ディスク装置としたことにより、従来技術のように使用波長を紫外領域に近づける(短くする)必要がなくなるため、光源としての半導体レーザー、すなわち本発明ではVCSELアレイ1の寿命をむやみに縮めることなく、耐久性よく光ディスク装置を使用することができる利点がある。同様にして、光記録媒体面12からソリッドイマージョンレンズ9表面までの間隔を従来のように短くとる必要がないので、光記録媒体12の保護膜等にソリッドイマージョンレンズ9の表面が接触等する心配がないから、光記録媒体12の保護膜等に多少の凹凸があったとしてもその影響を受けることなく大容量の情報を記録又は再生することができるという利点がある。

【0056】更に、請求項3の発明では、請求項1記載において、前記垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイ1はGaAsの基礎吸収端波長と同等以上の長波長であるレーザー光を発光してなる光ディスク装置としたことにより、特に前記ソリッドイマージョンレンズ9がGaAsからなる場合に、従来技術のように使用波長を紫外領域に近づける(短くする)必要がないため、光源としての半導体レーザー、すなわち本発明ではVCSELアレイ1の寿命をむやみに縮めることなく、耐久性よく光ディスク装置を使用することができる利点がある。同様にして、光記録媒体面12からソリッドイマージョンレンズ9表面までの間隔を従来のように短くとる必要がないので、光記録媒体12の保護膜等にソリッドイマージョンレンズ9表面が接触等する心配がない、光記録媒体12の保護膜等に多少の凹凸があったとしてもその影響を受けることなく大容量の情報を記録又は再生すること

ができるという利点がある。

【0057】更に、請求項4の発明では、請求項1、2又は3記載において、前記ソリッドイマージョンレンズ9は赤外領域と同等の波長において透明であるような材料からなる光ディスク装置としたことで、現時点において前記VCSEL素子14の発振効率と発振出力が最も安定しているとされている0.98[μm]及びその周辺の赤外領域波長が使用でき、既存の設備等を利用して極めて低コスト化本発明に係る光ディスク装置を製造できる利点がある。

【0058】また、請求項5の発明では、請求項1、2、3又は4記載において、前記ソリッドイマージョンレンズ9はGaAsの基礎吸収端波長と同等以上の長波長において透明であるような材料からなる光ディスク装置としたことにより、現時点において前記VCSEL素子14の発振効率と発振出力が最も安定しているとされている出力レーザ波長0.98[μm]が使用でき、既存の設備等を利用して極めて低コストで本発明に係る光ディスク装置を製造できる利点がある。

【0059】更に、請求項6の発明では、請求項1、2、3、4又は5記載において、前記ソリッドイマージョンレンズ9はGaAsからなる光ディスク装置としたことにより、現時点において前記VCSEL素子14の発振効率と発振出力が最も安定しているとされている出力レーザ波長0.98[μm]が使用でき、既存の設備等を利用して極めて低コストに本発明に係る光ディスク装置を製造できる利点がある。

【0060】更に、請求項7の発明では、請求項1、2、3、4、5又は6記載において、前記ソリッドイマージョンレンズ9はスーパー半球レンズからなる光ディスク装置としたことで、半球レンズを使用したときよりも更に大きくレーザー光を屈折させることができるので、より小さいビームスポットの像を形成できる結果、飛躍的に大容量の情報を記録又は再生できる効を奏する。

【0061】更に、請求項8の発明では、請求項1、2、3、4、5、6又は7記載において、前記ソリッドイマージョンレンズ9はソリッドイマージョンレンズ用アクチュエータ8で焦点が制御される光ディスク装置としたことにより、光記録媒体が光軸方向に変動した場合等においてでも、ビームスポットの焦点を正確かつ瞬時に合わせることができるので、情報転送ピットエラーレートを良好に保つことができ、高い信頼度で大容量の情報を記録又は再生することができる。

【0062】請求項9の発明では、垂直共振器表面発光半導体レーザー素子を格子状に配列してなる垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイと、該垂直共振器表面発光半導体レーザーアレイが発射したレーザー光を光記録媒体に照射するとともに該光記録媒体から反射した光を受光する対物レンズ系と、前記光記録媒体から反射され

た光を再生信号として検出するための再生信号検出手段とから構成され、前記垂直共振器表面発光半導体レーザー¹アレイは前記光記録媒体の回転の接線方向に対して微小角度傾けられている光ディスク装置において、前記対物レンズ光学系は、垂直共振器表面発光半導体レーザー¹アレイからレーザ光をコリメートされたレーザ光を再び収束性のレーザ光に変換する第1の対物レンズと、この第1のレンズを出射されたレーザ光をさらに収束させる第2の対物レンズとから構成され、前記第2対物レンズは、そのレンズの厚さ²tがそのレンズ面を規定する半径rよりも大きな半球レンズであり、前記第1のレンズは、光入射面および光出射面の双方のレンズ面が非球面である非球面レンズであって、そのレンズ面は、第2の球面収差及び像面湾曲収差を実質的に補正する面に定められている光ディスク装置したことから、コンタクトヘッド方式のようにV C S E Lアレイ1の発射したレーザ光を直接照射させるのではなく、ソリッドイメージョンレンズ9の使用ゆえに、ビームスポットを縮小された像として光記録媒体12に照射することで、従来に比して極めて微小なビームスポットを光記録媒体12上に形成することができるので、飛躍的な容量の情報を従来の光記録媒体12に記録又は再生することができる効果を奏する。しかも、微小なビームスポットに球面収差及び像面湾曲収差を生じさせることを防止して理想に近いサイズにまで微小化することができる。換言すれば、垂直共振器表面発光半導体レーザー素子が点光源でなく、既に説明したようにある程度面積を有する面内に多数の点光源が配置された一種の面光源であり、これによりソリッドエマージョンレンズの焦点に像面湾曲収差を生ずる虞があるが、この第2の対物レンズとしてのソリッドエマージョンレンズの像面湾曲収差を補正することができる第1の対物レンズが設けられていることから、その面状の点光源の像を球面収差及び像面湾曲収差なしに記録面に形成できる。また、コリメータレンズが対物レンズと光源としての垂直共振器表面発光半導体レーザー素子との間にもうけられることによって光源からレーザビームがコリメートされて対物レンズに入射される。これによっても像面湾曲収差がより小さくされる。

【0063】請求項10の発明では、請求項9において前記垂直共振器表面発光半導体レーザー¹アレイは、略赤

外線領域のレーザ光を発生し、前記第2の対物レンズは、この赤外線領域のレーザ光を透過する材料で作られている光ディスク装置であることから、効果的に光エネルギーを記録媒体に伝達することが可能となる。

【0064】請求項11の発明では、請求項9において前記垂直共振器表面発光半導体レーザー¹アレイは、青色から近紫外線領域のレーザ光を発生し、前記第2の対物レンズは、この青色から近紫外線領域のレーザ光を透過する材料で作られていることから、効果的に光エネルギーを記録媒体に伝達することが可能となる。を特徴とする光ディスク装置であって。

【0065】請求項12の発明では、請求項9において前記垂直共振器表面発光半導体レーザー¹アレイは、端面発光半導体レーザをその発光面がアレイ状となるように配置された構造を有し、前記再生信号検出手段は、この端面発光半導体レーザから発生されるレーザ発振に対応した光検出器アレイを含むことから、前記垂直共振器表面発光半導体レーザー¹アレイは、現行の技術から容易に実現可能であり、容易に高密度記録装置並びに再生装置を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ディスク装置の光学的原理図

【図2】(A)はソリッドイメージョンレンズが半球レンズの場合の光の進む状態図
(B)はソリッドイメージョンレンズがスーパー半球レンズの場合の光の進む状態図

【図3】本発明における8行8列のV C S E Lアレイの斜視図

【図4】V C S E Lアレイの要部拡大図

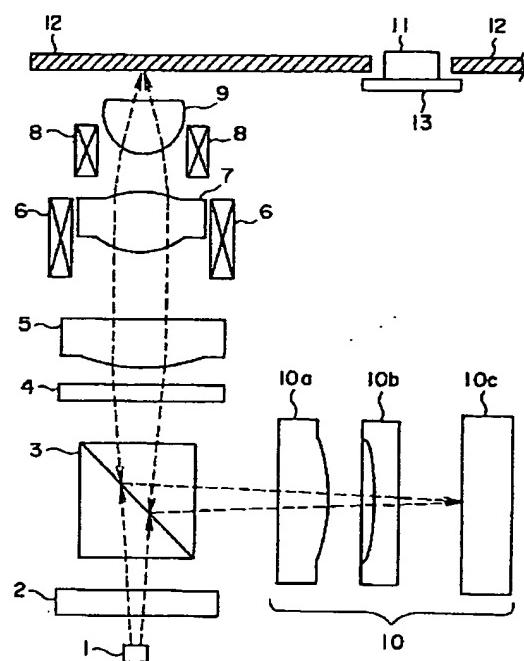
30 【図5】コンタクトヘッド方式光メモリヘッドの光記録媒体接触態様図

【図6】図1に示した対物レンズの曲面を最適化する手法を説明する為の図

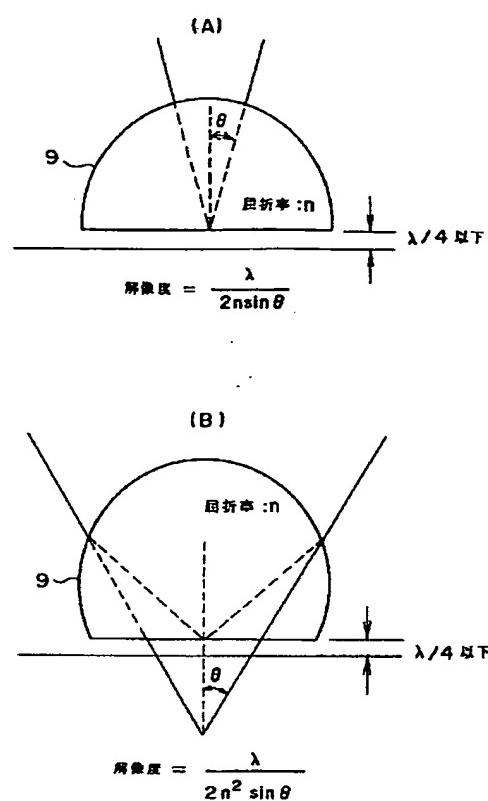
【符号の説明】

- 1…垂直共振器表面発光半導体レーザー¹アレイ
- 8…ソリッドイメージョンレンズ用アクチュエータ
- 9…ソリッドイメージョンレンズ
- 10…再生信号検出手段
- 12…光記録媒体
- 14…垂直共振器表面発光半導体レーザー¹素子

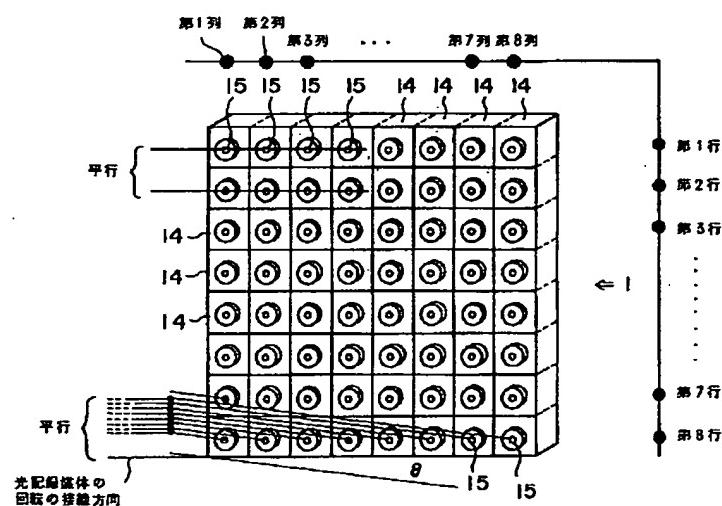
【図1】



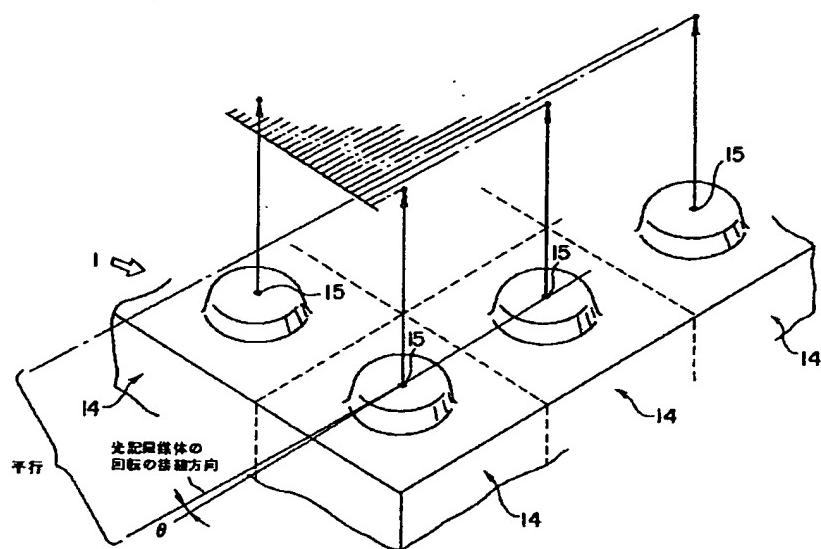
【図2】



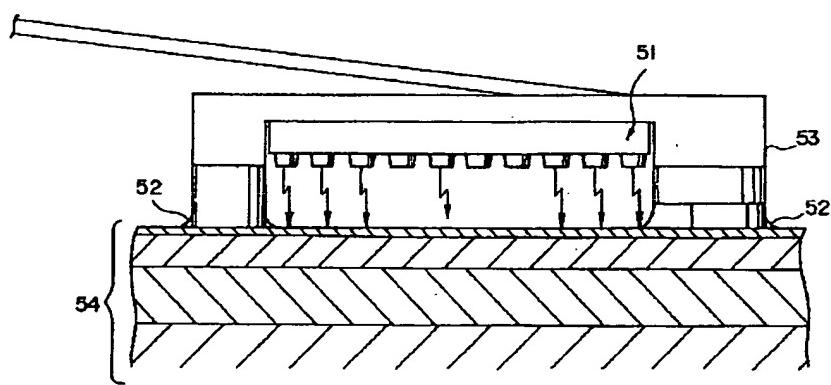
【図3】



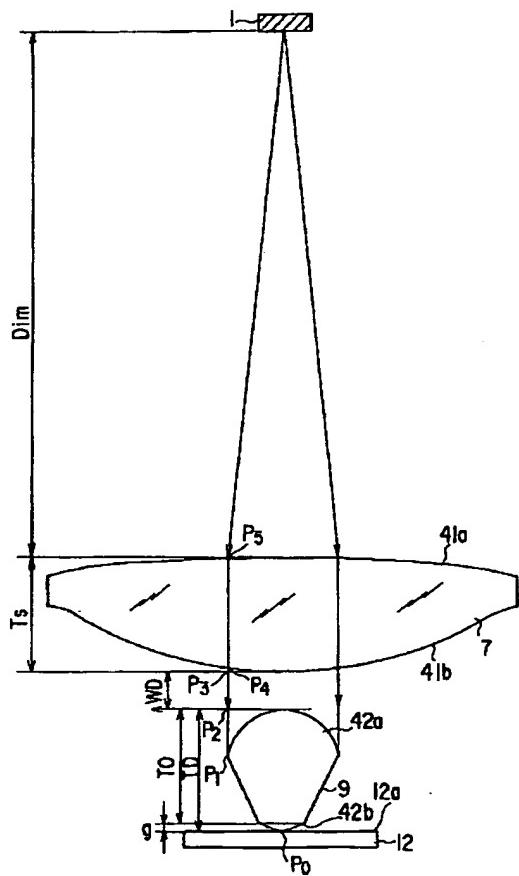
【図4】



【図5】



【図6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.